



(1)

(21) Aktenzeichen: 100 51 946.6  
 (22) Anmeldetag: 19. 10. 2000  
 (43) Offenlegungstag: 29. 5. 2002

## (71) Anmelder:

OMG AG &amp; Co. KG, 63457 Hanau, DE

## (72) Erfinder:

Singer, Rudolf, 55270 Engelstadt, DE; Gölitzer, Hubertus, 63755 Alzenau, DE

## (56) Entgegenhaltungen:

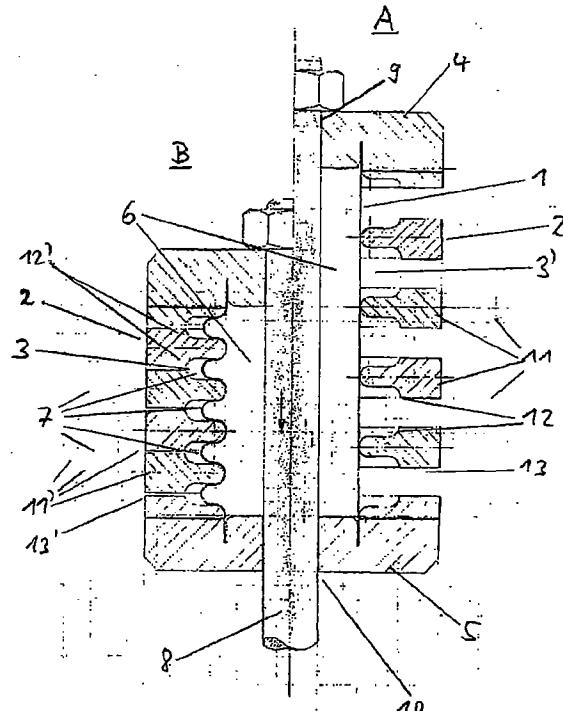
DE 17 77 181 B2  
 US 45 13 598  
 US 36 25 040  
 JP 63-2 07 420 A

Patentabstracts of Japan M-777 December 19, 1988  
Vol.12/No. 485;**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Herstellung von aus PGM-Werkstoffen gefertigten rohrförmigen Konstruktionsteilen mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von aus PGM-Werkstoffen gefertigten rohrförmigen Konstruktionsteilen mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen durch Umformen aus glattwandigen Rohrstücken, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man ein glattwandiges Rohrstück (1) in ein zylindrisches Formwerkzeug (2) mit einem Innendurchmesser, der im wesentlichen dem Außendurchmesser des Rohrstücks entspricht, und das radiale wellenförmige Ausnehmungen (3) aufweist, einbringt, dieses an beiden axialen Enden mit je einem das Rohrende dicht verschließenden Preßwerkzeug (4, 5) versieht, den so gebildeten Raum vollständig mit einer hydraulischen Flüssigkeit (6) befüllt und dann durch Ausübung einer axialen Kompression über die Preßwerkzeuge (4, 5) in der Weise einen hydraulischen Innendruck erzeugt, daß bei gleichzeitiger Verkürzung des Rohrstücks dessen Wandung den Ausnehmungen (3) des Formwerkzeugs (2) entsprechende Auswölbungen (7) erhält.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von aus PGM-Werkstoffen gefertigten rohrförmigen Konstruktionsteilen mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen durch Umformen aus glattwandigen Rohrstücken.

[0002] In der Glasindustrie, insbesondere in Anlagen zum Schmelzen und Heißformen von Spezialglas, sind Bauteile aus Edelmetall- wie vorzugsweise PGM-Werkstoffen im Einsatz.

[0003] Werkstoffe aus PGM-(Platinum Group Metals) Metallen zeichnen sich aufgrund ihres hohen Schmelzpunktes durch eine hohe Temperaturbeständigkeit und weiterhin durch hohe mechanische Festigkeit und Beständigkeit gegen Abrasion aus und eignen sich daher in besonderem Maße zur Herstellung von Konstruktionsteilen in Anlagen oder Anlagenteilen, die in Kontakt mit Glasschmelze kommen. Geeignete Materialien sind Platin und Legierungen von Platin und/oder anderen PGM-Metallen, die gegebenenfalls auch untergeordnete Mengen an Unedelmetallen als weitere Legierungskomponenten oder oxidische Zusätze enthalten können. Typische Werkstoffe sind Feinplatin, PtRh10 (Platin-Rhodium-Legierung mit 10% Rhodium) oder Platin, das zur Steigerung der Festigkeit und Hochtemperaturkriechfestigkeit eine geringe Menge an feinverteiltem Refraktärmetalloxid, wie insbesondere Zirkondioxid, enthält (sogenanntes FKS-(Feinkorn-stabilisiertes) Platin).

[0004] Derartige schmelztechnischen Anlagenkomponenten dienen zum Schmelzen, Läutern, Transportieren, Homogenisieren und Portionieren des geschmolzenen Glases.

[0005] Bei solchen Bauteilen handelt es sich im wesentlichen um Edelmetallblech-Konstruktionen die häufig als dünnwandige Rohrsysteme ausgeführt sind. Durch diese strömt das schmelzflüssige Glas mit Temperaturen zwischen 1000°C und 1700°C. Diese Rohrsysteme sind in der Regel von einer isolierenden sowie stützenden Keramik umgeben, wobei diese wiederum häufig von stützenden Metallkonstruktionen wie Metallkästen gehalten wird.

[0006] Die PGM-Bauteile werden bei Raumtemperatur gefertigt und in die entsprechenden Anlagen eingebaut. Der Betrieb erfolgt aber bei Temperaturen im Bereich von etwa 1000 bis 1700°C.

[0007] Dünnewandige Blechkonstruktion, insbesondere bei hohen Betriebstemperaturen, haben nur eine geringe Formsteifigkeit. Um diesen Nachteil auszugleichen, muss man entweder die Materialstärke erhöhen, oder die Konstruktion durch verstifende Formgebungsmaßnahmen wie etwa die Ausformung von Knicken, Kanten, Wellen oder Falten stabilisieren.

[0008] Weiterhin muß bei Auslegung und Konstruktion entsprechender Anlagen die hohe Wärmeausdehnung der PGM-Bauteile sowie die unterschiedliche Wärmeausdehnung aller weiteren beteiligten Materialien (Edelmetalle, Keramiken, Stähle etc.) bedacht werden. Der mittlere Ausdehnungskoeffizient von Platin liegt bei einer Temperatur von 1500°C bei  $11,2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Das bedeutet, daß sich ein Platinbauteil einer Länge von einem Meter bei Raumtemperatur bei 1500°C um 16,6 Millimeter ausgedehnt hat.

[0009] Bedingt durch die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialien und konstruktiven Festpunkte, die an einem Bauteil vorhanden sind, ist eine freie Ausdehnung des Systems nicht möglich. Dadurch kann es an schwachen Stellen der PGM-Blechkonstruktionen zum Ausknicken oder auch zu Beulfalten kommen. Dies wiederum führt zum ungewollten vorzeitigen Ausfall des Systems. In Anlagen oder Anlagenteilen aus PGM-Werkstoffen, die in Kontakt mit Glasschmelze kom-

men, sind daher Konstruktionsteile vorzusehen, die die Längenausdehnung kompensieren.

[0010] Als Konstruktionselemente, die in rohrförmigen Anlagenteilen eine radiale Versteifung und in einem gewissen Umfang auch eine Längenausdehnungskompensation bewirken, können Rohrabschnitte eingesetzt werden, welche radial umlaufende wellenförmige Auswölbungen aufweisen, wie etwa Wellrohre oder Bälge.

[0011] Das Umformen entsprechender glattwandiger Rohrstücke zu Wellrohren erfolgt gemäß dem Stand der Technik durch das sogenannte Rollsicken oder Rollformen. Hierbei wird die Wandung, des glattwandigen Rohrstücks durch ein von der Innenseite einwirkendes Rollwerkzeug in die radiale wellenförmige Ausnehmung eines Formwerkzeuges ausgedrückt. Beim Rollsicken wird Schritt für Schritt jede einzelne Welle nacheinander gerollt.

[0012] Ein so verformtes und damit in radialer Richtung verstiftes Rohr wird in axialer Richtung elastischer und kann somit auch zur Längenkompensation eingesetzt werden.

[0013] Das Rollsicken hat jedoch – gerade im Hinblick auf die Herstellung von gewellten Bauteilen aus PGM-Werkstoffen für den Einsatz in schmelztechnischen Anlagen der Glasindustrie – eine Reihe von Nachteilen und Anwendungsgrenzen.

[0014] So lassen sich durch das Rollsicken nur verhältnismäßig kleine Formänderungen, etwa im Bereich sinusförmiger Wellenkonturen realisieren. Höhere Wellengänge, stärkere Faltungen oder gar beliebige Konturenformen sind praktisch nicht herstellbar. Demgemäß sind durch Rollsicken hergestellte Wellrohre nur bedingt für die Kompensation thermischer Längenausdehnung geeignet, da die entsprechenden Wellgeometrien nur mäßige Längenausdehnungen auffangen können.

[0015] Darüber hinaus ist bei kleinen Rohrdurchmessern ein Rollsicken nicht möglich.

[0016] Durch das Strecken des Materials beim Rollsicken erfolgt zwangsweise eine Ausdünnung (Wandstärkenreduzierung) im Bereich der Wellen. Hierdurch wird das Bauteil erheblich geschwächt, was bei den thermischen und abrasiven Belastungen im Kontakt mit Glasschmelzfluß zu einem vorzeitigen Ausfall führen kann.

[0017] Der Erfindung lag daher die Aufgabe zugrunde, Bauteile aus PGM-Werkstoffen für den Einsatz als Längenausdehnungskompensatoren in mit Glasschmelze in Kontakt kommenden Anlagen oder Anlagenteilen bereitzustellen und ein Herstellverfahren für derartige Bauteile aufzuzeigen, bei dem die vorstehend dargestellten Nachteile vermieden werden.

[0018] Es wurde nun gefunden, daß sich dies mit einem Fertigungsverfahren erreichen läßt, bei dem das Umformen durch Auspressen mit hydraulischem Innendruck erfolgt.

[0019] Gegenstand der Erfindung ist somit ein Verfahren zur Herstellung von aus PGM-Werkstoffen gefertigten rohrförmigen Konstruktionsteilen mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen, durch Umformen aus glattwandigen Rohrstücken, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man ein glattwandiges Rohrstück in ein zylindrisches Formwerkzeug mit einem Innendurchmesser, der im wesentlichen dem Außendurchmesser des Rohrstücks entspricht, und das radiale wellenförmige Ausnehmungen aufweist, einbringt, dieses an beiden axialen Enden mit je einem das Rohrende dicht verschließenden Preßwerkzeug versieht, den so gebildeten Raum vollständig mit einer hydraulischen Flüssigkeit füllt und dann durch Ausübung einer axialen Kompression über die Preßwerkzeuge in der Weise einen hydraulischen Innendruck erzeugt, daß bei gleichzeitiger Verkürzung des Rohrstücks dessen Wandung den Ausneh-

mungen des Formwerkzeugs entsprechende Auswölbungen erhält.

[0020] In dem erfindungsgemäßen Verfahren können als Ausgangswerkstücke nahtlose oder geschweißte glattwandige Rohrstücke aus technischen PGM-Werkstoffen mit rundem oder polygonalem Querschnitt beliebiger Radien eingesetzt werden. Als PGM-Werkstoffe kommen vorzugsweise Feinplatin, PtRh10 oder FKS-Platin in Betracht. Das Umformen des Rohrstücks erfolgt in einer Umformanlage durch Auspressen mit hydraulischem Innendruck unter gleichzeitiger Ausübung einer axialen Kompression auf die Rohrenden. Hierzu wird das umzuformende glattwandige Rohrstück in ein zylindrisches Formwerkzeug mit einem Innendurchmesser, der im wesentlichen dem Außendurchmesser des Rohrstücks entspricht, und das radiale wellenförmige Ausnehmungen aufweist, eingebracht. An den beiden axialen Rohrenden werden Preßwerkzeuge angebracht, die die Rohrenden dicht verschließen. Der so gebildete Raum wird dann vollständig mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllt. Als hydraulische Flüssigkeiten eignen sich vorzugsweise Wasser oder in der Technik gebräuchliche hydraulische Öle. Zum eigentlichen Umformvorgang wird dann eine axialen Kompression über die Preßwerkzeuge auf die Rohrenden ausgeübt und diese aufeinander zubewegt. Hierdurch wird in dem Innenraum über die Flüssigkeit ein auf die Rohrwandungen wirkender hydraulischer Innendruck erzeugt, durch den die Wandung in die Ausnehmungen des Formwerkzeugs ausgedrückt wird und in dem Maße der Verkürzung des Rohrstücks entsprechende Auswölbungen erhält.

[0021] In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße Verfahren in einer beispielhaften Prinzipskizze und für eine bevorzugte Ausführungsform dargestellt, wobei die rechte Bildhälfte (A) den Ausgangszustand und die linke Bildhälfte (B) den Zustand am Ende des Umformvorganges zeigt.

[0022] Das glattwandige Ausgangsrohrstück (1) sitzt in einem zylindrischen Formwerkzeug (2) mit einem Innendurchmesser, der im wesentlichen dem Außendurchmesser des Rohrstücks entspricht. Das Formwerkzeug (2) weist radiale wellenförmige Ausnehmungen (3, 3') auf. An den Rohrenden sind Preßwerkzeuge (4, 5) angebracht, die den so gebildeten Innenraum dicht verschließen. Der von Preßwerkzeug (4, 5) und Rohr gebildete Raum ist vollständig mit einer hydraulischen Flüssigkeit (6) gefüllt. Über die Preßwerkzeuge (4, 5) wird eine axiale Kompression ausgeübt, beispielsweise durch die Backen einer hydraulischen Presse (nicht gezeigt). Hierdurch werden die Preßwerkzeuge (4, 5) und damit die Rohrenden aufeinander zubewegt, wodurch bei gleichzeitiger Verkürzung des Rohrstücks dessen Wandung den Ausnehmungen (3) des Formwerkzeugs (2) entsprechende Auswölbungen (7) erhält.

[0023] In einer besonderen Ausführungsform wird die axiale Kompression durch eine Zugstange (8) ausgeübt, welche durch zentrale Bohrungen (9, 10) in den Preßwerkzeugen (4, 5) geführt ist, und die das beweglich angeordnete Preßwerkzeug (4) auf das feststehende Preßwerkzeug (5) zubewegt.

[0024] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das zylindrische Formwerkzeug (2) aus in axialer Richtung beweglich gelagerten Formscheiben (11) zusammengesetzt, die im Ausgangszustand im Abstand voneinander angeordnet sind und die im Verlaufe der axialen Kompression zusammengefahren werden (11'). Bei einer derartigen Ausgestaltung des Formwerkzeugs ist es besonders vorteilhaft, wenn sich die maximalen Erhebungen der wellenförmigen Ausnehmungen (12, 12') im Bereich der axialen Kontaktflächen (13, 13') der Formscheiben (11) befinden. Hierdurch wird der Ausdrückvorgang begünstigt und die Formgebung

harmonisch und materialschonend bewirkt.

[0025] Durch das erfindungsgemäße Verfahren können, insbesondere mit PGM-Werkstoffen, unabhängig vom Durchmesser und der Rohrgeometrie des Ausgangsrohrstücks in einem einzigen Arbeitsgang praktisch beliebige Wellenkonturen erzeugt werden.

[0026] Typische Wellenkonturen sind beispielhaft in Fig. 2 gezeigt. Flache Wellenformen (14) werden etwa durch ein Formwerkzeug hergestellt, dessen Ausnehmungen im radialen Schnitt eine im wesentlichen sinusförmige Kontur aufweisen. Wellenformen mit höherem Wellengang (15, 16) können durch Formwerkzeuge hergestellt werden, deren Ausnehmungen im radialen Schnitt eine ausgeprägte wellenförmige oder eine lyraförmige Kontur aufweisen.

[0027] Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens im Vergleich zum Rollsicken ist, daß zum einen wesentlich höhere Umformgrade realisierbar sind, und zum anderen keine oder nur sehr geringe Wanddickenunterschiede innerhalb und außerhalb des Wellprofils auftreten. So weist beispielsweise ein aus PGM-Werkstoff nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellter Balg mit typischer Lyraform Wanddickenunterschiede von maximal 10% auf. Bei einem mäßig ausgeprägtem (etwa sinusförmigem) Wellrohr treten Wanddickenschwankungen von höchstens 1% auf. Entsprechend geformte Bauteile sind daher wesentlich stabiler und gegenüber mechanischen, thermischen und abrassiven Belastungen erheblich haltbarer.

[0028] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte, aus PGM-Werkstoffen gefertigte rohrförmige Konstruktionsteile mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen eignen sich daher im besonderen Maße als Längenausdehnungskompensatoren in Anlagen oder Anlagenteilen, die in Kontakt mit Glasschmelze kommen. Dabei werden etwa flache Wellenformen (14; Fig. 2) bevorzugt dort angewendet, wo es in erster Linie auf hohe radiale Formstabilität und nur auf eine mäßige thermische Längenausdehnungskompensation ankommt. Ausgeprägte Wellenformen oder lyraförmige Wellenkonturen (15, 16; Fig. 2) sind in axialer Richtung sehr elastisch und können daher bereits bei kurzer Länge des Wellrohrstücks größere Längenausdehnungen auffangen.

[0029] Entsprechende Konstruktionsteile können sehr vorteilhaft als Längenausdehnungskompensatoren in Glasschmelze führenden Anlagenteilen wie Speiserohren und Läuterkammern oder in Anlagenteilen zur Förderung, Homogenisierung oder Dosierung von Glasschmelze wie Stirnern, Plungern und Rührzellen eingesetzt werden.

[0030] Fig. 3 zeigt in beispielhafter Weise schematisch die Rohrkonstruktion aus PGM-Werkstoff für eine Unterdruck-Läuterkammer (17). Das Rohr der Läutertstrecke weist Segmente mit nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugtem Wellprofil (18) (Teilbereich vergrößert dargestellt) auf, die die auftretende thermische Längenausdehnung zwischen den Fixierungspunkten (19) auffangen. Die Zu- und Ableitungen (20, 21) für den Glasfluß besitzen gewellte Bereiche anderer Dimensionierung (22) (Teilbereich vergrößert dargestellt).

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von aus PGM-Werkstoffen gefertigten rohrförmigen Konstruktionsteilen mit radial umlaufenden wellenförmigen Auswölbungen, durch Umformen aus glattwandigen Rohrstücken, dadurch gekennzeichnet, daß man ein glattwandiges Rohrstück (1) in ein zylindrisches Formwerkzeug (2) mit einem Innendurchmesser, der im wesentlichen dem Außendurchmesser des Rohrstücks entspricht, und das

radiale wellenförmige Ausnehmungen (3) aufweist, einbringt, dieses an beiden axialen Enden mit je einem das Rohrende dicht verschließenden Preßwerkzeug (4, 5) Versieht, den so gebildeten Raum vollständig mit einer hydraulischen Flüssigkeit (6) befüllt und dann durch Ausübung einer axialen Kompression über die Preßwerkzeuge (4, 5) in der Weise einen hydraulischen Innendruck erzeugt, daß bei gleichzeitiger Verkürzung des Rohrteils dessen Wandung den Ausnehmungen (3) des Formwerkzeugs (2) entsprechende Auswölbungen (7) erhält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Kompression durch eine Zugstange (8) ausgeübt, welche durch zentrale Bohrungen (9, 10) in den Preßwerkzeugen (4, 5) geführt ist, und die das beweglich angeordnete Preßwerkzeug (4) auf das feststehende Preßwerkzeug (5) zubewegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Formwerkzeug (2) aus in axialer Richtung beweglich gelagerten Formscheiben (11) zusammengesetzt ist, die im Anfangszustand im Abstand voneinander angeordnet sind und die im Verlaufe der axialen Kompression zusammengefahren werden (11').

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die maximalen Erhebungen der wellenförmigen Ausnehmungen (12, 12') im Bereich der axialen Kontaktflächen (13, 13') der Formscheiben (11) befinden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmigen Ausnehmungen des Formwerkzeugs im radialen Schnitt eine im wesentlichen sinusförmige Kontur (14) aufweisen.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmigen Ausnehmungen des Formwerkzeugs im radialen Schnitt eine ausgeprägte wellenförmige Kontur (15) aufweisen.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die wellenförmigen Ausnehmungen des Formwerkzeugs im radialen Schnitt eine lyraförmige Kontur (16) aufweisen.

8. Verwendung der nach dem Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 7 hergestellten Konstruktionsteile als Längenausdehnungskompensatoren in Anlagen oder Anlagenteilen, die in Kontakt mit Glasschmelze kommen.

9. Verwendung nach Anspruch 8 als Längenausdehnungskompensatoren in Glasschmelze führenden Anlagenteilen wie Speiserohren und Läuterkammern.

10. Verwendung nach Anspruch 8 als Längenausdehnungskompensatoren in Anlagenteilen zur Förderung, Homogenisierung oder Dosierung von Glasschmelze wie Stirren, Plungern und Rührzellen.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

Fig. 1

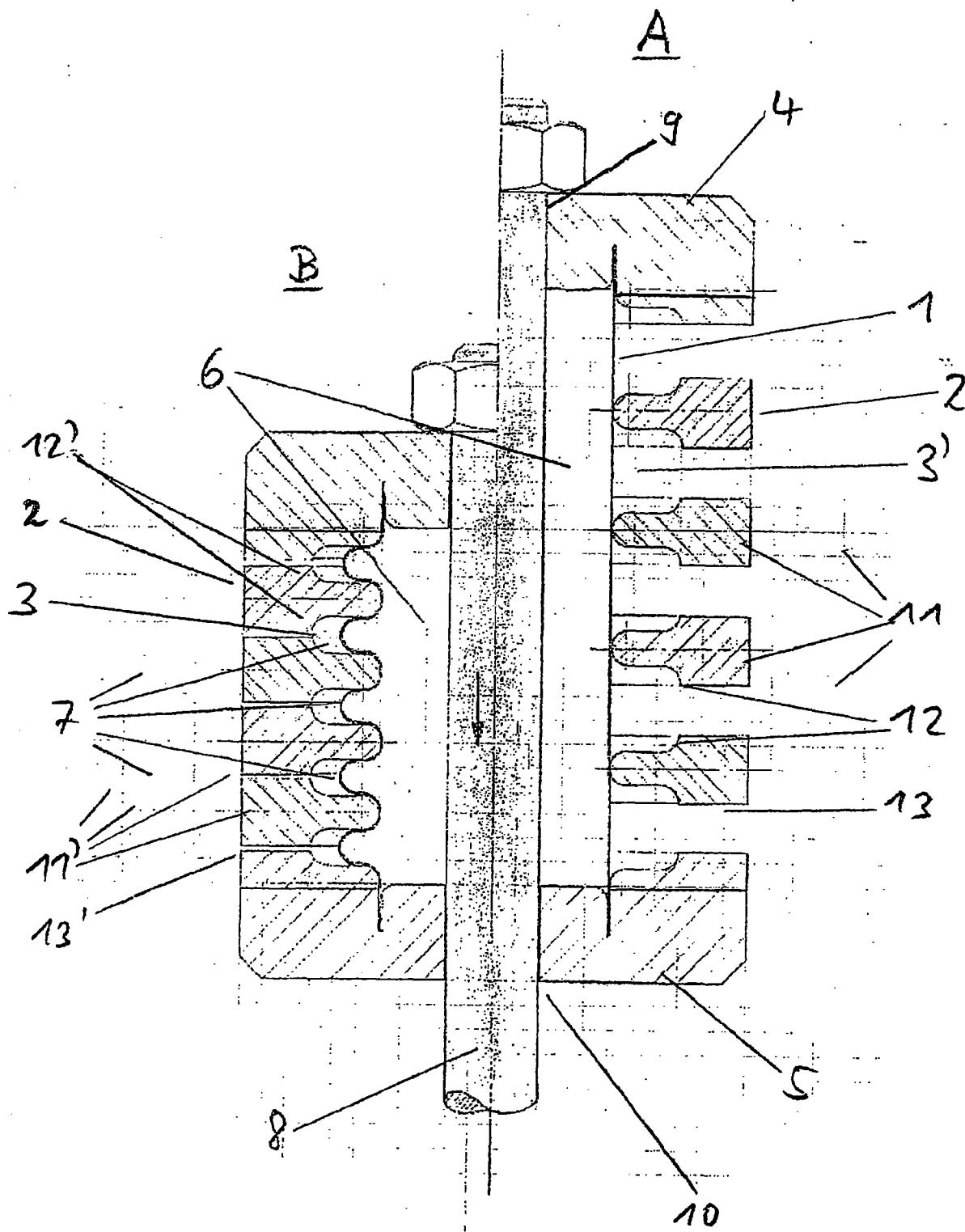


Fig. 2

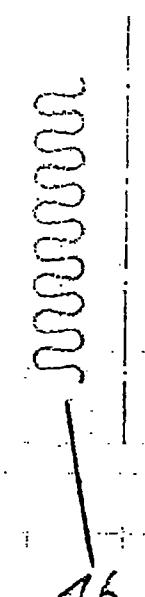
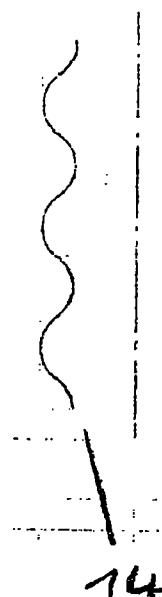
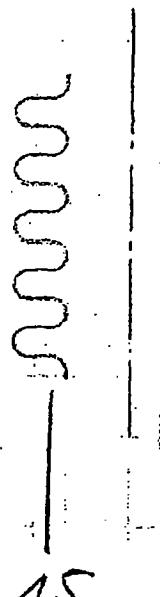


Fig. 3

